

Аналіз впливу ультрафіолетового опромінювання на кліща Варроа**М. А. Романченко, М. П. Кунденко, Ю. К. Санін**

Представлені результати аналітичних досліджень впливу електромагнітних опромінювань оптичного спектру на біооб'єкти в УФ діапазоні (UVB, UVC). Отримані математичні вирази моделювання конструктивних характеристик захисних пристроїв від варроатозу. Запропоновано пристрій (льоткова приставка), який забезпечений світлодіодними модулями УФ випромінювання, що живляться від сонячних фотоелементів

Ключові слова: ультрафіолетове випромінювання, довжина хвилі, доза опромінення, кліщ Варроа, боротьба з варроатозом

1. Вступ

Підвищення ефективності галузі бджільництва неможливе без розробки і впровадження прогресивних ресурсозберігаючих технологій та засобів їх реалізації, спрямованих на забезпечення належних ветеринарно-санітарних умов утримування, розведення та використання бджолосімей. Це в повній мірі стосується і розробки засобів профілактики та лікування захворювань бджіл в активний і пасивний періоди їх життєдіяльності. Створення нового пасічного реманенту, який би задовільнив вимоги біобезпечних електротехнологій, являється актуальною проблемою при проектуванні технічних засобів для боротьби з варроатозом бджіл, застосовуючи опромінювання їх УФ. Перспективними розробками в цій галузі є створення уніфікованих захисних засобів розташованих за межами розплідного гнізда, якими є льоткові приставки забезпечені модулем УФ випромінювання, спроможних одночасно виконувати декілька профілактичних і лікувальних функцій. Зокрема це формування умов для зменшення нетехнологічних втрат біопотенціалу бджолосім'ї, збереження її кормових запасів та володіння вузькоспеціалізованими характеристиками, що забезпечують надійну роботу льоткової приставки в боротьбі з варроатозом бджіл [1, 2].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Варроатоз – це інвазійне захворювання бджолосімей, яке наносить значні матеріальні збитки в галузі бджільництва та рослинництва, негативно впливаючи на рівень продовольчої безпеки країни. Відомі технології боротьби з цим захворюванням поділяють на хімічні, зоотехнічні, фізичні, комбіновані. Всі вони спрямовані на пригнічення або знищення збудника варроатозу бджолосімей, яким є кліщ Варроа-деструктор. При цьому хімічні технології передбачають обробку бджіл безпосередньо у вулику, використовуючи штучно синтезовані речовини на основі важких (амітаз, флувалінат) або більш легких (тимол) акарицидів. Суттєвим недоліком застосування акарицидів є забруднення меду, перги, прополісу, соторамок залишками цих синтетичних речовин. Вони також не

сприяють збереженню біопотенціалу бджолосімей та захисту їх кормових запасів. Крім того, ці технології і засоби їх реалізації ускладнюють або принципово унеможливають отримання екологічно чистої бджолопродукції [3, 4].

Відомі технології, які базуються на застосуванні фізичних безмедикаментозних способів боротьби з варроатозом. Так, один із них передбачає обробку бджіл в термокамері, яку розташовують за межами вулика. При цьому в робочому об'ємі термокамери з допомогою електронагрівачів і вентиляторів підтримують температуру 46–48 °C на протязі всього періоду перебування в ній бджіл. Ці технології характеризуються більшою результативністю боротьби з варроатозом за рахунок впливу високої температури на кліщів, які в своїй більшості осипаються із бджіл і гинуть. В той же час до недоліків технології термічної обробки бджолосімей відноситься ризик, пов'язаний із виникненням негативного впливу на подальшу життєдіяльність бджіл і бджоломатки в наслідок перегріву. Крім того, для підтримування заданого значення температури в термокамері, яка граничить з критично допустимою для організму бджіл потрібна точна контрольна вимірювальна апаратура, а сам процес обробки бджолосімей характеризується підвищеними енерговитратами та трудомісткістю. До того ж, ці технології, не дивлячись на те, що процедура термообробки відбувається за межами гнізда, не можуть забезпечувати збереження кормових запасів і захист від не технологічних втрат бджіл на протязі їх життєдіяльності.

Відомі також роботи, присвячені вивченню впливу оптичного опромінювання живих організмів, в тому числі і кліщів, що являє собою різновид безмедикаментозних фізичних технологій. Виявлено, що опромінення короткохвильовим видимим світлом вбиває яйця, личинки, куколки та дорослих дрозofil. Дослідження, проведені у цьому напрямку, засвідчили, що високотоксичні довжини хвиль видимого світла мають різний ступінь токсичності для певних видів комах [5].

Окремо виділені дослідження щодо переваги ультрафіолетового короткохвильового опромінювання, яке деструктивно діє на біополімери, в тому числі на білки і нуклеїнові кислоти на клітинному рівні [6, 7]. Встановлено факт загибелі павутинних кліщів від опромінення їх електромагнітним випромінюванням ультрафіолетового спектру UVB (280–315 нм) [8]. Так, в [9] приведена інформація щодо практичного застосування у теплицях переривчатого опромінення ультрафіолетом спектру UVB нижніх листків кущів полуниці при низьких температурах вночі для оздоровлення від кліща *Tetranychus urticae* Koch. Дані науково-технічної літератури свідчать, що під впливом ультрафіолетових променів у самок кліща різко активізується перистальтика кишків, відмічаються маневрні рухи, фосфоресценція хітинового покриву. При опромінюванні під лампою Q-400 на відстані від робочої поверхні 34,0–16,0 см та експозиції 10 хвилин через 17 годин загинуло 100 % кліщів Варроа [10].

Результати представлених в роботах [11] досліджень показали доцільність застосування для боротьби з кліщем Варроа льоткових приставок, забезпечених світлодіодним модулем УФ випромінювання. Зокрема, невиявлені дані наукових досліджень щодо летального впливу на комах електромагнітного опромінювання ультрафіолетовим спектром UVA та UVB (315–400 нм) [12].

В той же час аналіз літературних джерел виявив відсутність узагальненої методології фізичних способів і засобів боротьби з варроатозом, а також відсутність комплексного підходу щодо створення біобезпечних електротехнологічних установок на базі вискоєфективних джерел оптичного випромінювання (УФ) діапазону.

Слід також зазначити, що в роботах, присвячених дослідженням використання спектру електромагнітного випромінювання в області короткохвильового діапазону для боротьби з патогенною фауною, відсутня інформація щодо конструкції захисних пристроїв, їх геометричних параметрів, експозиції для ефективної боротьби з варроатозом бджіл.

3. Ціль та задачі дослідження

Мета роботи – установити закономірності формування впливу УФ опромінювання, що забезпечує противарроатозну дію льоткової приставки.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- визначити вплив УФ випромінювання на процеси життєдіяльності кліща Варроа і бджоли;
- обґрунтувати геометричні параметри льоткової приставки, забезпеченої модулем УФ опромінення бджіл і кліщів;
- визначити ефективність застосування льоткової приставки забезпеченої модулем УФ випромінювання в боротьбі з варроатозом бджіл.

4. Матеріали та методи дослідження

УФ випромінювання спричиняє специфічні реакції організму бджоли і кліща Варроа. Ці реакції трансформуються через нервові закінчення та через гуморальні механізми шляхом переносу створених активних речовин током гемолимфи з місця утворення в інші органи комах. Така властивість УФ випромінювання має немале практичне значення, так як свідчить про ефективне застосування та доцільність не тільки загального, але і локального опромінення.

Для реалізації припущення щодо ефективної боротьби з варроатозом бджіл та збереження їх потенціалу пропонується модульна установка УФ опромінення. Вплив на кліща Варроа в даній установці здійснюється електромагнітним випромінюванням УФ спектру світлодіодів. Живляться світлодіоди від фотоеlementів. Модуль для УФ опромінення бджіл і кліщів Варроа включає льоткову приставку, світлодіоди, джерело живлення світлодіодів, захисну решітку, систему комутації та керування. Загальний вид льоткової приставки (ЛПРС-1) забезпеченої модулем УФ опромінення наведена на рис. 1.

Кліщ Варроа при дослідженні розглядається як специфічний приймач променевої енергії. Його можна характеризувати відносною спектральною чутливістю. Така чутливість визначається відношенням мінімальної кількості опромінення з $\lambda=297$ нм до $\kappa(\lambda)$ інтенсивності опромінення з заданою довжиною хвилі, що забезпечує таку ж еритемну дію. З урахуванням цього еритемний потік визначається як випромінювання. Таке випромінювання оцінюється здатністю пагубної дії на кліща Варроа, мер (1).

$$P = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \phi(\lambda) \kappa(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

де $\kappa(\lambda)$ – відносна еритемна ефективність випромінювання; $\phi(\lambda)$ – величина спектральної інтенсивності потоку випромінювання, $\phi(\lambda) = \frac{dP}{d\lambda}$, Вт·нм⁻¹.



Рис. 1. Льоткова приставки ЛПРС-1

Для визначення потужності і кількості світлодіодів та моделювання параметрів льоткової приставки побудована математична модель. Реалізація означеної моделі є рішення системи нерівностей по векторному критерію (2)

$$\begin{aligned} D_{\min}^{\phi} &\leq D_j^{\phi}(\lambda, l, t, h) \leq D_{\max}^{\phi}, \\ D_i^{\phi}(\lambda, l, t, h) &\geq D_{\max}^{\phi}, \end{aligned} \quad (2)$$

в разі необхідності пошуку найкращого значення вектору змінних, які вираховуються при обмеженнях (3)

$$\lambda_{\min} \leq \lambda \leq \lambda_{\max},$$

$$l_{\min} \leq l \leq l_{\max},$$

$$t_1 \leq t \leq t_2,$$

$$h_1 \leq h \leq h_2, \quad (3)$$

де D_{\min}^0 , D_{\max}^0 – граничні значення інтервалу дози еритемного потоку за межами якого бджола і кліщ Варроа не виживають (0,125; 0,667); λ – довжина хвилі, нм; l – довжина льоткової приставки, см; h – висота льоткової приставки, см; t – час перебування бджоли і кліща Варроа в еритемній дозі, с.

Вектор критеріїв $D_j^0(\lambda, l, t, h)$ і $D_i^0(\lambda, l, t, h)$ охоплює простір еритемної дози для бджоли (j) і кліща (i) при УФ опромінюванні з довжиною хвилі λ діапазону 265÷315 нм. Математичне представлення простору дози еритемного потоку, яка діє на бджолу і кліща Варроа, $\text{мер} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-2}$ (4).

$$D_{ji}^0(\lambda, l, t, h) = \int_{t_1}^{t_2} S_{ji} F_y(\lambda, l, h) t^{-1} dt. \quad (4)$$

Загальна потужність УФ установки, що діє на площину льоткової приставки, висота якої $h=1$ см і довжині хвилі $\lambda=297$ нм, мер (5)

$$F_{\text{УСТ}}(l) = k_{\Sigma} \int_{l_{\min}}^{l_{\max}} l \cdot b \frac{A \cdot h^2 \cdot k_{\text{еф}} \cdot \Phi}{2 \cdot \tau \cdot h_{\text{н}}^2} dl, \quad (5)$$

де $k_{\text{еф}}$ – коефіцієнт біологічної ефективності в залежності від довжини хвилі; k_{Σ} – коефіцієнт, який враховує відбивання, поглинання, зовнішні умови, рівень природного освітлення; b – ширина льоткової приставки, см; A – доза опромінення, в.о.; h – висота льоткової приставки, см; Φ – порогове значення світлового потоку при одній біодозі, $\text{мер} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-2}$; $h_{\text{н}}$ – нормована висота установки УФ джерела для однієї біодози, см; τ – час роботи установки, с; S_{ji} – розрахункова площа поверхні бджоли і кліща Варроа, см^2 .

Адекватність математичної моделі оцінюється виходячи із того, що:

а) бджола та кліщ, який знаходиться на ній, як біооб'єкт проходить у вулик через льоткову приставку;

б) довжина та висота льоткової приставки впливає на рівень опромінення біооб'єкта;

в) час опромінення біооб'єкта залежить від швидкості проходження бджолою тунель льоткової приставки;

г) доза опромінення бджоли та кліща Варроа залежить від кількості та потужності світлодіодів УФ спектру випромінювання;

д) опромінення вважається результативним якщо біодоза, яка діє на бджолу, не перевищує порогову дозу;

ж) опромінення вважається результативним якщо біодоза, яка діє на кліща Варроа, перевищує порогову дозу.

Бджола та кліщ Варроа розглядається у формі циліндра з середніми значеннями розміру. Такі припущення дають можливість спростити практичне застосування моделі.

Для розрахунку параметрів, які створюють процес взаємодії кліща Варроа і

електромагнітного УФ випромінювання, з використанням даної математичної моделі використані наступні вхідні величини:

- діапазон довжини хвилі УФ випромінювання $265 \div 315$ нм з кроком зміни $\Delta\lambda = 5$ нм;
- діапазон зміни довжини льоткової приставки $20 \div 2$ см з кроком $\Delta l = 2$ см;
- діапазон терміну перебування бджоли і кліща в еритемній дозі $2,5 \div 25$ с з кроком $\Delta t = 2,5$ с;
- діапазон зміни висоти льоткової приставки $1 \div 3$ см з кроком $\Delta h = 1$ см;
- діапазон дози опромінення $0,2 \div 0,6$ з кроком $\Delta A = 0,1$, в. о.;
- розрахункова усереднена площа поверхні бджоли $S_j = 1,1$ см², та кліща $S_i = 0,02$ см².

За формулою (5) були отримані дані, на основі яких побудовані залежності опромінення установки $F_{\text{уст.}}$ від довжини льоткової приставки при довжині хвилі $\lambda = 297$ нм, які представлені на рис. 2.

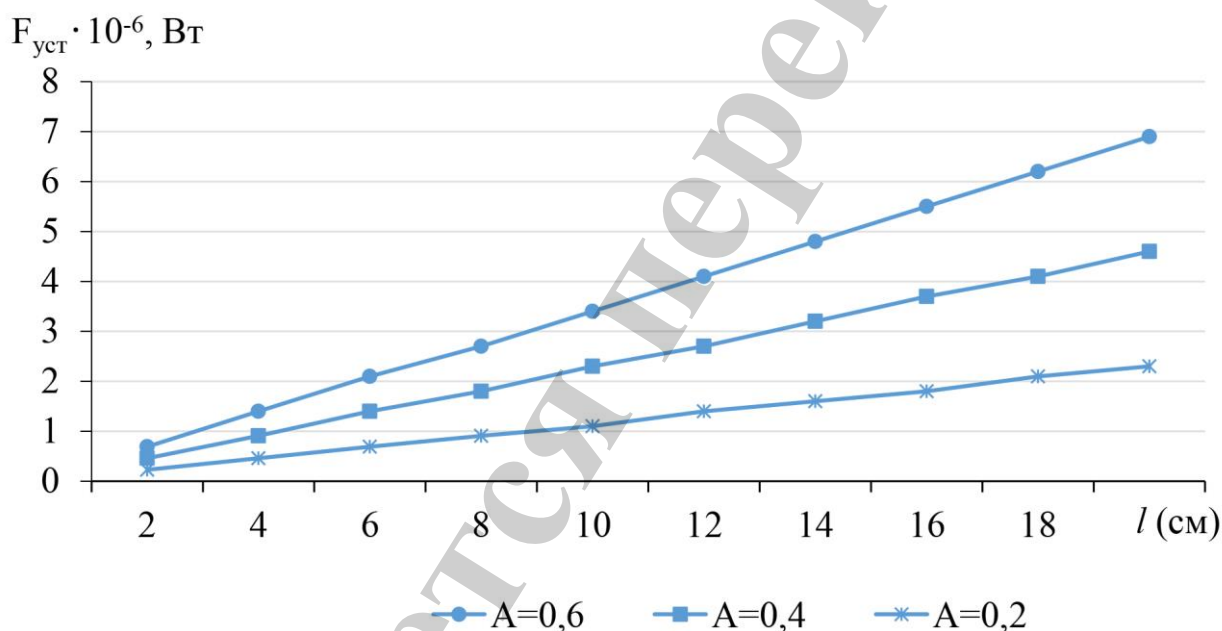


Рис. 2. Залежність опромінення установки $F_{\text{уст.}}$ від довжини льоткової приставки з дозою опромінення $A=0,2$; $A=0,4$; $A=0,6$ від порогового значення при довжині хвилі $\lambda=297$ нм та висоті льоткової приставки $h_1=1$ см

Аналіз залежностей (рис. 2) показує, що значення опромінення установки необхідно збільшувати при збільшенні довжини льоткової приставки. При довжині тунелю приставки $l=8$ см і його висоті $h=1$ см, споживана потужність джерелами УФ установки – $(2,7 \cdot 10^{-6} - 9,1 \cdot 10^{-7})$ Вт при зміні дози опромінення від 0,6 до 0,2.

Опромінення установки в залежності від довжини хвилі (6):

$$F_{\text{уст.}}(\lambda) = 0,5 \cdot \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} k_{\Sigma} \cdot l \cdot b \cdot A \cdot h^2 \cdot h_{\text{н}}^{-2} \cdot k_{\text{сф}}(\lambda) \cdot \Phi \cdot \tau^{-1} \cdot d\lambda,$$

(6)

Результати визначення опромінення установки в залежності від довжини хвилі з дозою $A=0,6$ від порогового значення біодози та параметрами льоткової приставки: довжина тунелю льоткової приставки $l=8$ см, висота його $h=1$ см та ширина $b=20$ см, використані для побудови залежності на рис.3.

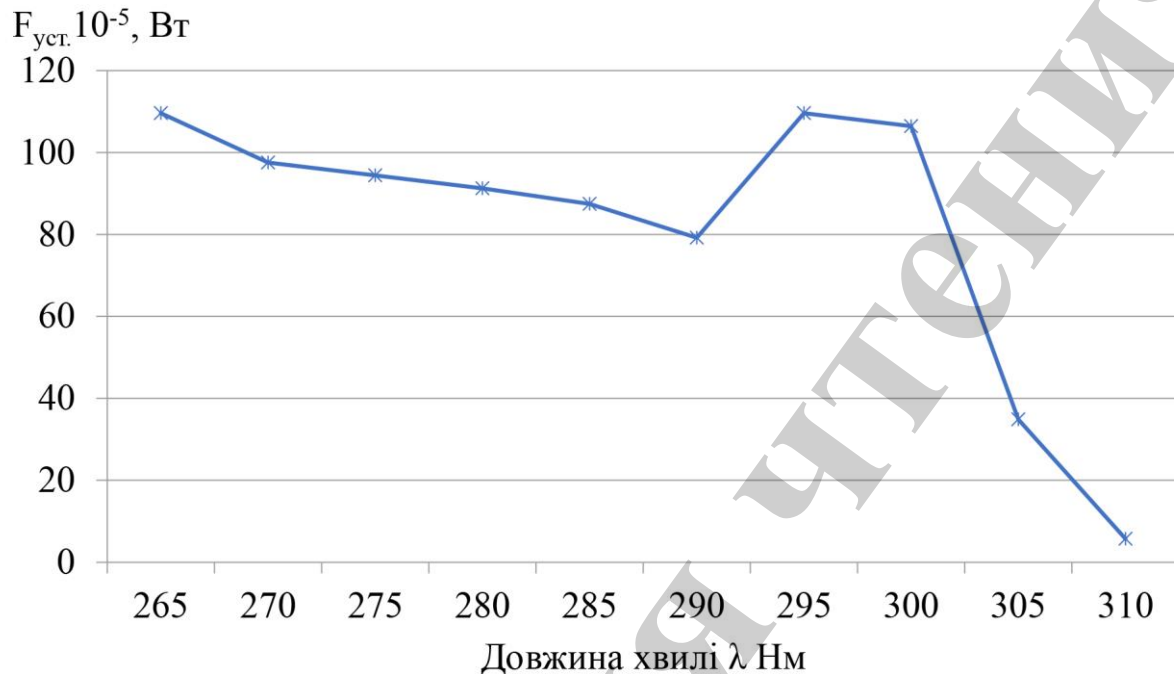


Рис. 3. Залежність опромінення установки $F_{уст.}$ від довжини хвилі λ при зміні дози $A=0,6$ від порогового значення біодози

Аналізуючи графічну залежність рис. 3 можна сказати, що загальний еритемний потік установки досягає максимуму при довжині хвилі 265 нм і 295 нм і становить $109,59 \cdot 10^{-5}$ мер. Для забезпечення цього опромінення необхідно чотири світлодіоди потужністю 0,08 Вт (світлодіод потужністю 0,08 Вт і діаметром 5,9 мм $= 29,3 \cdot 10^{-5}$ мер). Мінімальне значення загального еритемного потоку установки при цій же дозі та довжині хвилі 305 нм і 310 нм становить $34,85 \cdot 10^{-5}$ мер і $5,7 \cdot 10^{-5}$ мер.

Біодоза, яку одержує кліщ і бджола за час проходження через льоткову приставку, забезпечену модулем УФ опромінювання, в.о. (7):

$$D_{bij} = k_{bij} \cdot F_{уст.}(\lambda) \cdot t \cdot k_3^{-1} \cdot S_{ij}^{-1} \cdot \Phi_n^{-1}, \quad (7)$$

де k_{bij} – коефіцієнт врахування волосяного покриття бджоли; k_3 – коефіцієнт запасу; t – термін перебування бджоли і кліща в еритемній дозі, с; S_{ij} – розрахункова площа поверхні кліща Варроа і бджоли, см^2 ; Φ_n – порогова доза світового потоку УФ опромінювання на висоті 1 см, мер $\cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-2}$.

В результаті розрахунків за (7) одержані значення біодози, що діють на бджолу при заданій довжині хвилі опромінення з дозою A , що змінюється в діапазоні від 0,2 до 0,6 порогового значення. В табл. 1 представлені дані розраху-

нку для льоткової приставки з довжиною тунелю $l=8$ см, його висотою $h=1$ см і $t_1=5$ с. Отримані значення біодози не діють пагубно на бджолу.

Таблиця 1

Біодози, що діють на бджолу при дозах $A=0,6$, $A=0,5$; $A=0,4$; $A=0,3$; $A=0,2$ від порогового значення та довжини хвилі опромінення

$h=1$ см, $l=8$ см, $t_1=5$ с									
$A=0,2$		$A=0,3$		$A=0,4$		$A=0,5$		$A=0,6$	
λ , нм	D_{δ} , в.о.	λ , нм	D_{δ} , в.о.	λ , нм	D_{δ} , в.о.	λ , нм	D_{δ} , в.о.	λ , нм	D_{δ} , в.о.
270	0,0269	270	0,04	270	0,054	270	0,067	270	0,081
275	0,026	275	0,039	275	0,052	275	0,065	275	0,078
280	0,0251	280	0,0377	280	0,05	280	0,063	280	0,075
285	0,0241	285	0,0362	285	0,048	285	0,06	285	0,072
290	0,0218	290	0,0328	290	0,044	290	0,055	290	0,066
297	0,03	297	0,045	297	0,06	297	0,075	297	0,09
300	0,029	300	0,044	300	0,058	300	0,073	300	0,088
305	0,0096	305	0,0145	305	0,019	305	0,024	305	0,029
310	0,0016	310	0,0024	310	0,003	310	0,004	310	0,005
315	0,0003	315	0,0006	315	0,001	315	0,001	315	0,001

За формулою (6) було одержано загальну потужність УФ опромінення, яка діє на площину льоткової приставки, при довжині хвилі опромінення від 265 нм до 315 нм з дозою $A=0,2$ від порогового значення біодози. За формулою (7) розрахована біодоза бджоли і кліща за час проходження їх через льоткову приставку. Враховувались параметри льоткової приставки $h=1$ см, $l=8$ см, $b=20$ см. Результати розрахунків представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Значення загальної потужності УФ установки з дозою $A=0,2$ від порогового значення і кількість світлодіодів

$A=0,2$ в.о., $h=1$ см, $l=8$ см, $t_1=5$ с				
λ	$F_{\text{уст.}}$	n	$D_{\delta j}$	$D_{\delta i}$
нм	мер	шт	в.о.	в.о.
265	$36,53 \cdot 10^{-5}$	2	0,03	1,96
270	$32,52 \cdot 10^{-5}$	1	0,0269	1,741
275	$31,47 \cdot 10^{-5}$	1	0,026	1,684
280	$30,41 \cdot 10^{-5}$	1	0,0251	1,628
285	$29,15 \cdot 10^{-5}$	1	0,0241	1,56
290	$26,4 \cdot 10^{-5}$	1	0,0218	1,413
297	$36,53 \cdot 10^{-5}$	2	0,03	1,98
300	$35,48 \cdot 10^{-5}$	2	0,029	1,9
305	$11,61 \cdot 10^{-5}$	1	0,0096	0,6217

310	$1,9 \cdot 10^{-5}$	1	0,0016	0,1017
315	$0,42 \cdot 10^{-5}$	1	0,0003	0,0226

Отримані значення (табл. 2) дозволяють дійти висновку, що біодоза, яку одержує кліщ та бджола, залежить від опромінення установки $F_{\text{уст.}}$. Максимальне значення біодози кліщ одержує при довжині хвилі 265 нм і 297 нм. Величина такої біодози пагубно діє на кліща. Кліщ і бджола перебувають під опроміненням одночасно, але рівень біодози отримують різний.

5. Результати дослідження закліщованості бджіл з використанням льоткової приставки

З метою дослідження проти кліщової ефективності запропонованої льоткової приставки забезпеченої модулем УФ опромінювання, в бджологосподарстві НТЦ «Чарунка» с. Первухінка Богодухівського району Харківської області (Україна) у період з 15 квітня 2014 року по 30 вересня 2016 року у польових умовах було проведено експеримент, об'єктом якого були бджоли карпатської породи, уражені кліщем Варроа destructor.

В результаті проведених досліджень закліщованості бджолосімей було встановлено, що дослідні бджолосім'ї № 2 і № 3 мали однаковий – високий – рівень закліщованості. Ступінь закліщованості бджолосім'ї № 2 становить 5–7 %, ступінь закліщованості бджолосім'ї № 3 становить 6 %. Ці бджолосім'ї можуть бути використані як контрольна і дослідна бджолосім'ї відповідно, для подальших етапів польового експерименту використання запропонованої льоткової приставки ЛПРС-1 щодо боротьби з варроатозом безпосередньо на пасіці при живленні світлодіодів від сонячної батареї. В експерименті були використані джерела УФ випромінювання з технічними характеристиками: інтервал довжини хвилі $305 \div 265$ нм, інтервал еритемного потоку $35 \cdot 10^{-5} \div 110 \cdot 10^{-5}$ Мер, напруга джерела живлення 4 В, струм живлення $20 \div 30$ мА. Тип і технічні характеристики джерел живлення представлені в табл. 3.

Таблиця 3
Тип і технічні характеристики світлодіодів

№	Параметри	Дов. хвилі, нм	Напруга, В	Струм, А	Потужність, мВт
2	SMD 5050	265	7–8,5	20	0,2–0,5
3	Deep UV	280	4,8–7	20	0,5–1
4	CUD1 AF1C	310	6	20	1,3
5	CUD 8AF1C	275	6	20	1,9
6	TW-UVP8D	285	6	25	–
7	High Power TO39	290	5,8–7	30	–
8	High Power UVB LED	305	4,5–6,5	20	–
9	TO39 UV LED	300	5,5–7,5	20	–
10	Ball Len TO39	295	5,5–7,5	20	–

На наступному етапі експерименту було наведено контрольне зважування вуликів на 20 гніздових рамок з контрольною та дослідною бджолосім'ями. Загальна вага на 15 квітня 2014 року контрольного вулика з бджолосім'єю склав 43 кг, а дослідного – 45 кг. І дослідний, і контрольний вулики було залишено на вагах до кінця експерименту (30 вересня 2016 року).

Далі, у льоток дослідного вулика було вмонтовано льоткову приставку, забезпечену модулем джерел УФ опромінювання з під'єднаним фотоелементом (загальна вага під'єднаної конструкції склала 950 гр), яку зображено на рис. 4.



Рис. 4. Конструкція льоткової приставки з під'єднаним геліоколектором

Ефективність застосування льоткової приставки визначається за формулою (8):

$$E_{\text{лп}} = (Z_{\text{бд}} - (Z_{\text{бп}} - K_3))100 / Z_{\text{бд}}, \quad (8)$$

де $Z_{\text{бд}}$ – ступінь закліщованості бджолосім'ї до застосування льоткової приставки, %; $Z_{\text{бп}}$ – ступінь закліщованості бджолосім'ї після застосування льоткової приставки, %; K_3 – кліщі, знищені допоміжними засобами проти варроатозу, %.

Результати визначення ефективності льоткової приставки з опромінюваним модулем УФ спектру, як засобу боротьби з варроатозом, представлено в табл. 4.

Таблиця 4

Результати ефективності застосування льоткової приставки з опромінюваним модулем ультрафіолетового спектру у боротьбі з варроатозом

Рік досліджу	Закліщованість контрольної бджолосім'ї, %	Закліщованість дослідної бджолосім'ї, %	Допоміжні засоби проти варроатозу, %	Ефективність, %
2014р	7	1,43	0,3	83,86
2015р	5	1,84	0,2	67,2
2016р	6	1,92	0,5	76,33

Крім того, використання запропонованої льоткової приставки з опромінюваним модулем ультрафіолетового спектру дозволяє скоротити витрати праці на процес оздоровлення бджіл від варроатозу.

Застосування такої ресурсоощадної технології, як опромінення бджіл ультрафіолетом, також продемонструвало наступні ефекти в умовах комплексного захисту бджолосім'ї:

- запобігання проникненню бджіл-злодійок, ос, шершнів до вулика;
- запобігання інфікуванню бджіл шляхом виключення можливості проникнення в льоток вулика хворих бджіл-злодійок;
- запобігання зменшенню кількості бджіл внаслідок нападу синиць, сойок, дятлів та інших ворогів бджолосім'ї, завдяки наявності обмеженого простору, сформованого навколо льотка вулика саме інстальованою льотковою приставкою.

6. Обговорення результатів підвищення продуктивності бджолосім'ей

На продуктивність бджолосім'ї як єдиного біоорганізму впливає ряд зовнішніх і внутрішніх факторів. Якщо припустити, що зовнішні фактори впливають однаково на біологію і фізіологію будь якої бджолосім'ї, то масштаб впливу внутрішніх факторів на отримання бджолопродукції буде корелювати. Серед внутрішніх факторів, для яких безумовно визначається кількість виробленої бджолопродукції, є хвороби. Однією з масових інвазійних хвороб є варроатоз. Тому наскільки ефективним буде і протидія її розповсюдженню і наскільки результативно зможуть працювати пристрої боротьби з варроатозом, настільки можна наблизитись до номінальної продуктивності бджолосім'ї. Створення нового пасічного реманенту, на базі біобезпечних електротехнологій боротьби з варроатозом бджіл з застосуванням УФ опромінюванням, як показали аналітичні експериментальні та розрахункові дані, дозволяє суттєво підвищувати продуктивність бджолосім'ей. При цьому перспективними розробками в цій галузі є створення уніфікованих захисних засобів, розташованих за межами розплідного гнізда і тим самим не порушують природний ритм роботи бджолосім'ей. Це позитивно впливає на підвищення їх продуктивності. Таким захисним пристроєм є розроблені льоткові приставки, додатково забезпечені світлодіодним модулем УФ випромінювання, спроможних одночасно виконувати декілька функцій (лікувальних і профілактичних).

Перевагою запропонованих рішень є спроможність формування умов для зменшення нетехнологічних втрат біопотенціалу бджолосім'ї, збереження її кормових запасів протягом виробничого циклу та забезпечення надійної роботи льоткової приставки в боротьбі з варроатозом.

Обґрунтування геометричних параметрів льоткової приставки та світлотехнічних характеристик УФ опромінювання забезпечують її ефективну роботу щодо підвищення продуктивності бджолосімей.

До недоліків досліджень слід віднести складнощі, обумовлені вартісними показниками світлодіодів УФ випромінювання, їх дефіцитністю в роздрібній торговій мережі.

Розвиток даного дослідження може бути продовжено в плані визначення впливу УФ опромінювання на патогенну мікрофлору і фауну, як збудників інфекційної хвороби бджіл (гнильці, мікози і т.п.).

7. Висновки

1. Встановлено, що біодоза, яку одержує бджола і кліщ Варроа, залежить від потужності УФ установки. Максимальне значення біодози кліщ і бджола отримують при довжині хвилі 265 нм і 297 нм з потужністю $36,53 \cdot 10^{-5}$ мер. Це значення відповідно дорівнює для кліща 1,98 в.о., для бджоли 0,03 в.о. Такі параметри біодози оздоровлюють бджіл від варроатозу.

2. Аналітичні дослідження дали можливість обґрунтувати підходи до визначення характерних геометричних параметрів льоткової приставки. Рекомендовано довжину тунелю $l=8\pm0,1$ см, висота $h=1\pm0,1$ см, кількість світлодіодів 1–4 шт. потужністю 0,08 Вт напругою 4–7 В з урахуванням дози опромінення та довжини хвилі.

3. Встановлено, що ефективність застосування льоткової приставки, забезпеченої модулем УФ опромінювання, в боротьбі з варроатозом бджіл становить у 2014 р. 83,86 %, у 2015 р. 67,2 %, у 2016 р. 76,33 %.

Література

1. Ключко Р. Т., Воронков И. М. Меры борьбы с варроатозом пчел // Пчеловодство. 2009. № 2. С. 28–30.
2. Дослідження дезінфікуючої дії УФ у забезпеченні збереження біопотенціалу бджолосімей / Романченко М. А., Маслій І. Г., Кунденко М. П., Санін Ю. К., Цехмейстер О. С. // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2015. Вип. 223. С. 162–167.
3. Приймак Г. М., Паливода В. О., Метрюк Ю. Ю. Кліщ Варроа, способи боротьби // Пасіка. 2013. № 4. С. 17–19.
4. Макаров С. Повышение устойчивости пчелосемей к варроатозу // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2013. № 12. С. 30–35.
5. Lethal effects of short-wavelength visible light on insects / Hori M., Shibuya K., Sato M., Saito Y. // Scientific Reports. 2014. Vol. 4, Issue 1. doi: 10.1038/srep07383

6. Салмик В. В., Скомороха Д. П., Реушев М. Ю. Влияние импульсного ультрафиолетового лазерного излучения на функциональную активность макроорганов // Сибирское медицинское образование. 2014. № 4. С. 39–44.
7. Pfeifer G. P., Besaratinia A. UV wavelength-dependent DNA damage and human non-melanoma and melanoma skin cancer // Photochem. Photobiol. Sci. 2012. Vol. 11, Issue 1. P. 90–97. doi: 10.1039/c1pp05144j
8. Ohtsuka K., Osakabe M. Deleterious Effects of Uv-B Radiation on Herbivorous Spider Mites: They Can Avoid It by Remaining on Lower Leaf Surfaces // Environmental Entomology. 2009. Vol. 38, Issue 3. P. 920–929. doi: 10.1603/022.038.0346
9. Nakai K., Murata Y., Osakabe M. Effects of Low Temperature on Spider Mite Control by Intermittent Ultraviolet-B Irradiation for Practical Use in Greenhouse Strawberries // Environmental Entomology. 2017. doi: 10.1093/ee/nvx179
10. Червінський Л. С., Радько І. П. Новий підхід до кількісної оцінки дії енергії ультрафіолетового випромінювання при опроміненні тварин // Motorization and power industry in agriculture, MOTROL. 2011. Vol. 13D. P. 296–301.
11. Вулик з пристроєм для боротьби з вароатозом бджіл фізичним методом: Пат. № 82214. МПК: A01K 47/00 / Романченко М. А., Нікітіна О. С., Санін Ю. К., Романченко В. М., Нікітін С. П., Червінський Л. С.; заявник і патентообладач Харків. № u201301608; заявл. 11.02.2013; опубл. 25.07.2013, Бюл. № 14.
12. Effects of UV-A exposures on longevity and reproduction in *Helicoverpa armigera*, and on the development of its F1 generation / Zhang C.-Y., Meng J.-Y., Wang X.-P., Zhu F., Lei C.-L. // Insect Science. 2011. Vol. 18, Issue 6. P. 697–702. doi: 10.1111/j.1744-7917.2010.01393.x